

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN(11)Publication number : **61-070716**(43)Date of publication of application : **11.04.1986**

(51)Int.Cl.

H01L 21/205**H01C 10/10****H01L 29/84**(21)Application number : **59-192336**(71)Applicant : **NAGANO KEIKI SEISAKUSHO KK**(22)Date of filing : **13.09.1984**(72)Inventor : **SHIOIRI HISATOKU
KIUCHI MITSUHIRO
TAKAYAMA MINEO
HONMA TOSHIO
NAGASAKA HIROSHI
KANEKO YOSHIKAZU****(54) MANUFACTURE OF SILICON THIN FILM PIEZO RESISTANCE ELEMENT****(57)Abstract:**

PURPOSE: To obtain a crystallinity silicon thin film piezo resistance element having excellent characteristic by introducing hydrogenated boron into hydrogenated silicon gas, and varying the reaction condition.

CONSTITUTION: A substrate is placed in plasma atmosphere produced of hydrogenated silicon gas which contains hydrogenated boron, and a crystalline silicon thin film is precipitated as a piezo resistance material. The boron of the hydrogenated silicon gas operates as a catalyst to improve the crystallinity of the silicon thin film, and operates as an impurity for improving the conductivity and the temperature characteristics of the resistance element. The crystallinity of the thin film is improved by the catalytic and impurity operations of the boron to increase the mobility (μ), and the conductivity and the temperature characteristic such as using temperature range of the thin film can be improved. Thus, the thin film of the piezo resistance element obtained under the optimum producing conditions has a preferential orientation and exhibits remarkably piezo resistance effect.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-70716

⑬ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和61年(1986)4月11日

H 01 L 21/205

7739-5F

H 01 C 10/10

7303-5E

H 01 L 29/84

6466-5F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 シリコン薄膜ピエゾ抵抗素子の製造法

⑯ 特 願 昭59-192336

⑰ 出 願 昭59(1984)9月13日

⑱ 発 明 者	塩 入	久 徳	上田市大字古安曾526-4
⑱ 発 明 者	木 内	光 宏	上田市上田1262-15
⑱ 発 明 者	高 山	峰 男	上田市下之郷乙557-1
⑱ 発 明 者	本 間	敏 男	上田市大字古安曾1716
⑱ 発 明 者	長 坂	宏	上田市大字小牧646-3
⑱ 発 明 者	金 子	嘉 一	長野県埴科郡戸倉町大字若宮黒彦1305-112
⑲ 出 願 人	株式会社	長野計器製 作所	東京都大田区東馬込1丁目30番4号
⑳ 代 理 人	弁理士	猪 股 清	外3名

明 細 書

1. 発明の名称 シリコン薄膜ピエゾ抵抗素子の製造法

2. 特許請求の範囲

1. 水素化ホウ素を含む水素化ケイ素ガスより生成されたプラズマ雰囲気下に基板を置き、該基板上にピエゾ抵抗材料として結晶性シリコン薄膜を析出させることを特徴とするシリコン薄膜ピエゾ抵抗素子の製造法。

2. 析出時の基板温度が少なくとも450℃である、特許請求の範囲第1項記載の製造法。

3. 基板が電気的絶縁基板である、特許請求の範囲第1項または第2項記載の製造法。

4. プラズマの調製に用いる水素化ケイ素と水素化ホウ素とのモル比が100:0.01~100:2である、特許請求の範囲第1項から第3項のいずれか1項に記載の製造法。

5. 結晶性シリコン薄膜は、その結晶面

(220)が基板面に対し実質的に垂直に配向したものである、特許請求の範囲第1項から第4項のいずれか1項に記載の製造法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は半導体ピエゾ抵抗素子に関し、詳細には、プラズマCVD(Chemical Vapour Deposition)法を応用して基板上に結晶性シリコン薄膜を形成することから成る半導体ピエゾ抵抗素子の製造法に関する。

(従来技術)

従来から、半導体ピエゾ抵抗素子を製造する方法には種々のものがある。例えば、単結晶を矩形状に切断して得る方法および真空蒸着などのPVD(Physical Vapour Deposition)法により薄膜を形成して得る方法などがある。これらの方法により得られるピエゾ抵抗素子は、起歪部(例えば、金属板、ペロース、金属ダイヤフラムなど)に感圧部として貼着、接着または蒸着され、その起歪

部の歪みの変化に基づくその素子の比抵抗変化（ピエゾ抵抗効果）を利用するものであり、圧力センサーなどに応用される。

さらに、単結晶基板内に基板と異種タイプの拡散層を形成して半導体ピエゾ抵抗素子を製造する方法がある。この方法により得られた単結晶基板では、ピエゾ抵抗素子が形成される半導体基板そのものが起歪部として働き、半導体基板内の拡散層がピエゾ抵抗素子となる。

（発明が解決しようとする問題点）

単結晶切断および真空蒸着の前二者の方法によるピエゾ抵抗素子は、抵抗およびゲージ率についての温度係数が小さくかつ使用温度範囲が広いという利点を持つが、これらの方法によって運動機能を持つICにすることができない。これに対し後者の拡散法ではピエゾ抵抗素子の量産・IC化が可能である。しかしながら、この方法による素子には、基板とピエゾ抵抗素子とがP-n接合分離（逆バイアス）されているものの、温度依存性のある飽和電流がその接合に流れるために素子の

使用温度範囲に限界がある。更にこの拡散法により形成されたピエゾ抵抗素子では、この抵抗及びゲージ率の温度係数が夫々2000ppm/℃、-1000ppm/℃であり、共に大きい。したがって、外付又は同時に形成されたトランジスタ等の能動素子あるいは感温抵抗により温度補償を行なう必要があり、製作工程の複雑化、素子点数の増加による信頼性の低下や応答性の劣化を引き起こす。

本発明の目的は、上述の欠点を解消して、広い使用温度範囲などの優れた特性を備えるピエゾ抵抗素子をIC化することのできる製造法を提供することである。

（問題点を解決するための手段）

ICおよびLSIなどの製造における薄膜形成技術の一つとしてプラズマCVD法がある。このプラズマCVD法は、例えば反応ガスに高周波電界を印加し、その電気的エネルギーを利用してガスを活性化し、このプラズマ中で気体状物質が反応して比較的低温で基板表面に薄膜を析出させる

方法である（参照、菅野卓雄編著「半導体プラズマプロセス技術」、（図55、7、10）、産案図書、p50～60）。

このプラズマCVD法を利用して、水素化ケイ素から約300℃の低温で非晶質シリコン薄膜を得る方法があった。この方法により形成されたシリコン薄膜は太陽電池用素材として実用化されているが、非晶質であり、耐熱性に乏しく信頼性に欠けるためにピエゾ抵抗素子用としては不向きである。

しかしながら、その水素化ケイ素ガスに水素化ホウ素を導入し、また、反応条件などを変えることにより、意外にも、優れた特性を有する結晶性シリコン薄膜ピエゾ抵抗素子が得られることを見出し本発明を完成するに至った。

すなわち、本発明のシリコン薄膜ピエゾ抵抗素子の製造法は、水素化ホウ素を含む水素化ケイ素ガスより生成されたプラズマ雰囲気下に基板を置き、該基板上にピエゾ抵抗材料として結晶性シリコン薄膜を析出させることを特徴とするものである。

る。

本発明の好ましい態様において、析出時の基板温度を少なくとも450℃とすることができる。

さらに、本発明の一態様において、基板を電気的絶縁基板とすることができる。

本発明の一態様において、プラズマの調製に用いる水素化ケイ素と水素化ホウ素とのモル比を100:0.01～100:2とすることができる。

本発明の一態様において、結晶性シリコン薄膜は、その結晶面（220）が基板面に対し実質的に垂直に配向したものとすることができる。

（発明の効果）

本発明の範囲を限定する意図ではないが、本発明に従って水素化ケイ素ガスに含められたホウ素は、シリコン薄膜の結晶性を向上させる触媒として働き、抵抗素子の伝導率および温度特性を適切なものにする不純物として働くと考えられる。いずれにしても、本発明によって次の効果が得られる。

(a) ホウ素の触媒作用および不純物作用によって、シリコン薄膜の結晶性が向上して移動度(μ)が大きくなるとともに、薄膜の伝導率および使用温度範囲などの温度特性を良好なものとする事ができる。したがって、本発明に従う方法により最適生成条件下に得られたピエゾ抵抗素子のシリコン薄膜は優越配向を有しかつ顕著なピエゾ抵抗効果を示す。

(b) 本発明においてプラズマCVD法を応用するので、本発明によるピエゾ抵抗素子をIC化することができ、したがって、本発明によるピエゾ抵抗素子を単に圧力センサーに利用するのみならず、IC化して例えばTFTなどにも応用することができる。

(発明の具体的説明)

本発明において、シリコン薄膜の形成はプラズマCVD法を応用して、すなわちプラズマエンスメントによる熱分解法を用いて行なわれる。このプラズマCVD法のパラメーター(例えば、雰囲気温度、ガス成分および濃度、基板温度、圧

力、流量、反応容器の形状、処理時間、反応系の清浄度など)を、所望のピエゾ抵抗素子の特性、用途、形状等に応じて適宜変更することができる。

本発明において、プラズマ発生に用いられる反応ガスは、水素化ケイ素ガスおよび水素化ホウ素ガスである。これらの反応ガスは混合して、もしくは別々に反応容器に導入される。水素化ケイ素と水素化ホウ素との組成比は、形成する膜の性質などに応じて適宜変更することができるが、例えば、水素化ケイ素と水素化ホウ素とのモル比で、 $100:0.01 \sim 100:2$ 、好ましくは $100:0.1 \sim 100:0.8$ である。反応ガスに対するキャリアガスとしては、例えば H_2 、 Ar 、 He などがある。

本発明において、プラズマ中の化学種の状態は、プラズマの発生法、ガスの圧力等により異なり、イオン、電子、中性分子、原子などがその種として存在すると考えられるが、本明細書においてプラズマは例えば高周波電界が印加されてその電気エネルギーによって活性化された反応ガスを指す

ものとする。

本発明の方法を実施するために用いることのできるプラズマCVD装置には、誘導結合方式および容量結合方式のものがある(前編「半導体プラズマプロセス技術」、p101~204よりプラズマ装置の詳細を参照し、その記載を本明細書に含める)。

本発明の方法において、析出時の基板温度はピエゾ抵抗素子の特性に応じて変更できるが、例えば 400°C 以上、好ましくは 450°C 以上、より好ましくは 480°C 以上、さらに好ましくは $500^\circ\text{C} \sim 650^\circ\text{C}$ である。これらの温度範囲未満の温度で得られたシリコン薄膜では結晶性がよくない為であり、他方上限の温度以上で得られたシリコン薄膜では膜の熱的損傷が増大するからである。

本発明において用いられる基板は、所望のピエゾ抵抗素子の特性、用途、形状等に応じてその材質、形状、寸法、電気的特性を適宜変更することができるが、金属膜化物(例えば SiO_2)などの絶縁材よりつくられたものあるいはそのような絶縁

体で覆われたものであること望ましい。

本発明に従ってシリコン薄膜が析出した基板は、例えば第1図(a)に示すように SiO_2 の絶縁層2の上にシリコン薄膜1が積層されたものである。絶縁層2の下側に支持体として金属板が設けられている。析出後、従来の技術に依ってピエゾ抵抗素子に加工される。第1図(a)に示す薄膜形成基板からエッチング加工および電極接続されたピエゾ抵抗素子の一例を第1図(b)に示す。

(実施例)

次に実施例により本発明をさらに詳細に説明する。

誘導結合方式のプラズマCVD装置を用いて、反応容器に導入された反応ガスを活性化し、絶縁基板上にシリコン薄膜を析出させた。

石英管(外径 42mm)の外側に誘導コイルが巻かれた反応管の一端から真空ポンプで排気する。その反応管内のテーブル上に基板が配置されている。その実施例で用いられた基板は金属板上に

SiO₂層が形成された絶縁基板であった。

反応管の他端から、SiH₄ガス(H₂90%希釈)とB₂H₆ガス(1500ppm、H₂希釈)とを管内に導入し、SiH₄とB₂H₆との割合が100:0.76である混合ガスを反応ガスとして用いた。SiH₄とB₂H₆の流量はニードルバルブで微調整されて、夫々59SCCM(20℃1気圧での1分間あたりの量)、30SCCMであった。また、管内の圧力を約2.6 Torrに設定した。この真空度は、ピラニー真空計を排気側に設けて測定した。R.F.電力を30(W)に、基板温度(Ts)を450℃に設定した。この処理を15分間行ない、所望のピエゾ抵抗素子を調製した。

さらに、基板温度(Ts)を500℃、550℃、575℃、600℃、625℃、650℃に各々変えて、上述の実施例と同様にピエゾ抵抗素子を調製した。

得られた抵抗素子についてX線回折を行ない、その結果を第2図(a)に示す。さらに、歪みに

おける配向性が全く現われず、単に多結晶化傾向があるにすぎない。

第3図に歪みに対する抵抗変化率が示される。ホウ素添加のためにこのシリコン薄膜はp型伝導を示し、抵抗変化率($\Delta R/R$)は引張りに対し増大、圧縮に対して減少する。この図から判かるように、本発明によるピエゾ抵抗素子は歪みに対する直線性を有している。

第4図(a)では周囲温度に対するゲージ率変化が示される。この図から、基板温度約500℃で形成されたシリコン薄膜は正の周囲温度依存性を、また基板温度約575℃以上での薄膜は負の周囲温度依存性を有している。

第4図(b)では素子抵抗の周囲温度依存性が示される。この図から、その依存性が、生成基板温度、不純物添加の影響を受け、負、正、或いは零となることがわかる。

第4図(a)および(b)の結果から明らかにように、本発明による素子のゲージ率および抵抗に関する温度係数は従来の拡散法による素子のも

に対する抵抗変化率($\Delta R/R$)を測定し、その結果を第3図に示す。また、周囲温度に対するゲージ率変化および素子抵抗の周囲温度依存性を測定し、その結果を第4図の(a)および(b)に各々示す。

本発明と対比するために、水素化ホウ素を含まない反応ガスを用いて、シリコン薄膜形成を行なった。得られた基板についてX線回折を行ない、その結果を第2図(b)に示す。

第2図(a)のX線回折スペクトルから判かるように、本発明によるシリコン薄膜は結晶性が高く、さらに基板温度(Ts)が500℃以上になるとシリコン薄膜が(220)に配向する傾向を示す。この優配向面(220)におけるピエゾ抵抗係数は大きく、したがって、本発明に依るピエゾ抵抗素子を用いた圧力センサーでは、その面内に歪みを加えると大きな抵抗変化として出すことができる。

第2図(a)と(b)との対比から明らかなように、水素化ホウ素を添加しない場合は本発明に

のと比べて1桁小さく、したがって、本発明のピエゾ抵抗素子は広い使用温度範囲を持つことがわかる。

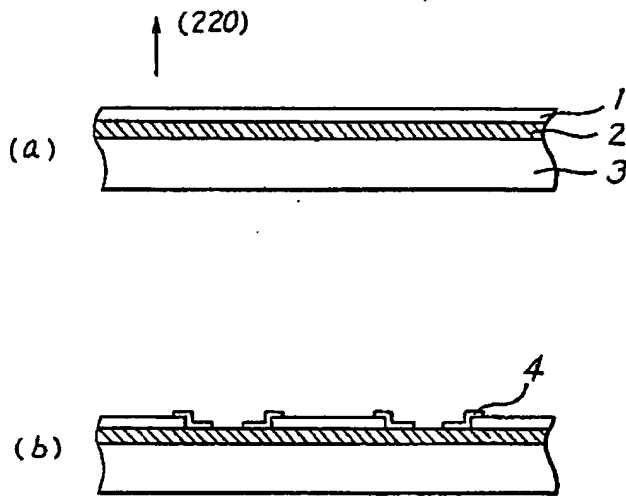
4. 図面の簡単な説明

第1図(a)はシリコン薄膜が析出された基板の断面図、第1図(b)は第1図(a)の基板からエッチング加工されたピエゾ抵抗素子の断面図、第2図(a)は本発明によるシリコン薄膜のX線回折図、第2図(b)は水素化ホウ素を含まない反応ガスを用いたシリコン薄膜のX線回折図、第3図は歪み抵抗特性を示す図、第4図(a)および(b)は各々ゲージ率および抵抗率の温度特性を示す。

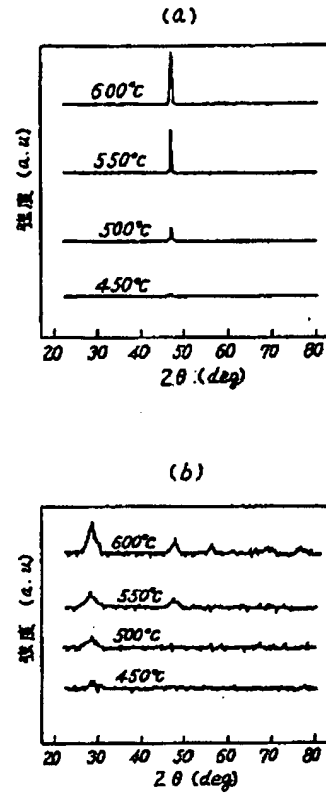
1—シリコン薄膜、2—絶縁基板、3—金属板、4—電極。

出願人代理人 猪 股 清

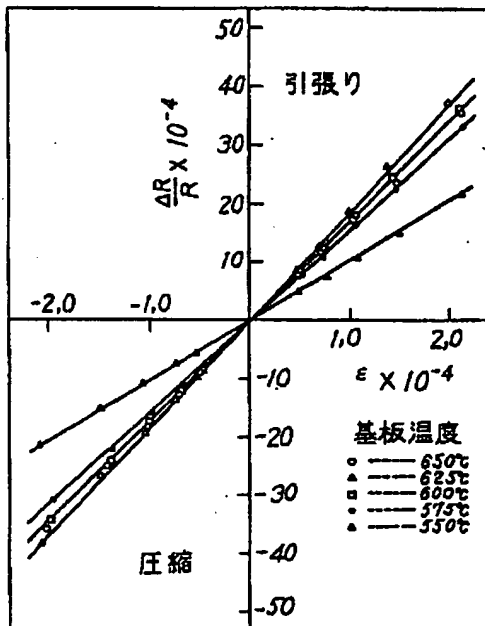
第1図



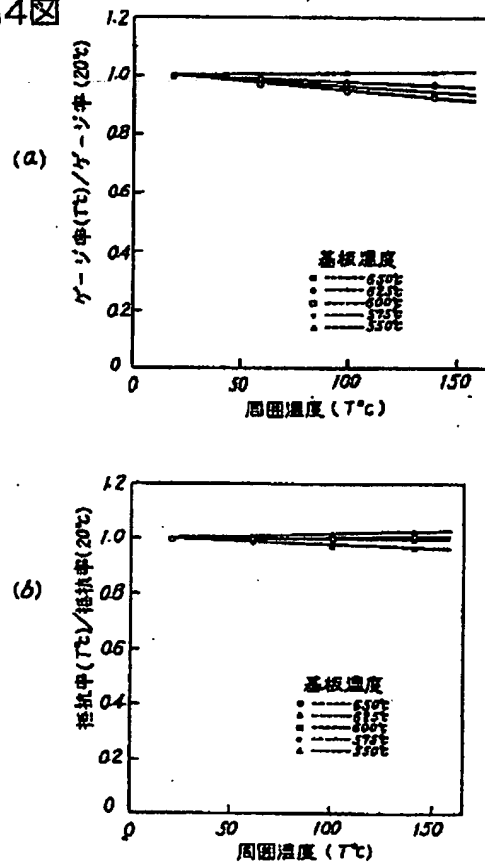
第2図



第3図



第4図



平成 4. 1. 13 発行
手続補正書

特許法第17条の2の規定による補正の掲載

平 4. 1. 13 発行

昭和 59 年特許願第 192336 号 (特開昭
61- 70716 号, 昭和 61 年 4 月 11 日
発行 公開特許公報 61- 708 号掲載) につ
いては特許法第17条の2の規定による補正があっ
たので下記のとおり掲載する。 7 (2)

平成 3 年 9 月 11 日

特許庁長官 深 沢 亘 殿



1 事件の表示

昭和59年 特 許 願 第192336号

2 発明の名称

シリコン薄膜ビエゾ抵抗素子の製造法

3 補正をする者

事件との関係 特許出願人

株 式 会 社 長 野 計 器 製 作 所

4 代 理 人 (郵便番号 108)

東京都中央区日本橋本石町四丁目2番17号
石田ビル8階

(電話(03)8241-4071代表)

8888 弁 理 士 石 川 泰 男



5 補正の対象

明細書の「特許請求の範囲」、「発明の詳細な説明」の
各欄

特許庁

6 補正の内容

(1) 明細書の「特許請求の範囲」を別紙の通り
補正する。

(2) 明細書の第14頁第3行目の「かる。」の
次に下記の記載を挿入する。

「 前記実施例においては、p型伝導シリ
コン薄膜について述べられているが、本発明
は水素化リン等を用いて作成したn型伝導の
シリコン薄膜についても適用しうる。また、
不純ガスとして B_2H_6 を用いているが、この代
わりに PH_3 又は AsH_3 ガスを用いることもで
き、更に、 SiH_4 ガスの代わりに SiF_4 、
 $SiCl_4$ 等のガスを用いることもできる。」

以 上

2. 特許請求の範囲

1. 不純物ガスを含む水素化ケイ素ガスより
生成されたプラズマ雰囲気下に基板を置き、該基
板上にビエゾ抵抗材料として結晶性シリコン薄膜
を析出させることを特徴とするシリコン薄膜ビエ
ゾ抵抗素子の製造法。

2. 析出時の基板温度が少なくとも450℃
である、特許請求の範囲第1項記載の製造法。

3. 基板が電氣的絶縁基板である、特許請求
の範囲第1項または第2項記載の製造法。

4. プラズマの調製に用いる水素化ケイ素と
水素化ホウ酸とのモル比が100:0.01~
100:2である、特許請求の範囲第1項から第
3項のいずれか1項に記載の製造法。

5. 結晶性シリコン薄膜は、その結晶面
(220)が基板面に対し実質的に垂直に配向し
たものである、特許請求の範囲第1項から第4項
のいずれか1項に記載の製造法。